はじめに

京都大学の物理は９割が穴埋め完成形式の記述タイプ。答えのみを解答欄に記入する形です。時折難しいテーマの出題もありますが，誘導がある程度丁寧についているため，解答しやすい部分が多いです。しかし，逆に言えば

①答えのみを書くため，少しの書きミスでも０点
②誘導にうまく乗れなければまったく歯が立たなくなる

という落とし穴もあるということです。対策としては
①☞普段から慎重にソツなくこなす練習を！
②☞独りよがりの解き方や，問題が解けたからといって満足せず，普段からいろいろな考え方を貪欲に吸収する。
が，考えられるでしょうか。

また，一部論述形式の問いがありますが，これは大きく分けて

①′ 普通の問題タイプ
②′ 描図タイプ
③′ 問題文内に出てきた内容についての説明，または証明

という，３タイプがあります。
①′ については本当に普通に考えて計算☞対応としては普通に勉強！
②′ についても同様！☞普段からグラフを描いて結果の吟味を！
③′ については状況をよく確認＆理解し，その場でしっかりと考えるしかありません！しかし，奇をてらったような問題は出ません。☞いかに普段から物事をじっくりと考えてきたかが問われます。

そして，京都大学の問題は誘導がしっかりしているからこそ，

ある状況・場面において，何をどう考えれば現象を解析していけるか

が学べる，良問と言えます。問題を解き，考え方を楽しみながら勉強していってください。

京都大学　物理対策講座　テキスト

この講座では，以上の点をふまえつつ，過去問の中から選りすぐりの問題を中心に解説し，重要な点を確認していきます。必ず自力で問題を解いてみてから動画を見て，解答のポイントなどを確認していってください。

そして，その後はどんどん過去問に挑戦してみてください！特に，京都大学の場合，何年も前に出たものと同じテーマの問題が出ることが他の大学に比べて多いので，やや古いものでも一読（一解き？）の価値はおおいにあります。真の実力をつけましょう!!

皆さんの健闘を期待し，合格を祈っています!!

中野　喜允

＜目次＞

第１講　力学Ⅰ ………………………………………… p. 4
第２講　力学Ⅱ ………………………………………… p.14
第３講　電磁気学Ⅰ …………………………………… p.28
第４講　電磁気学Ⅱ …………………………………… p.42
第５講　波動Ⅰ ………………………………………… p.58
第６講　波動Ⅱ ………………………………………… p.76
第７講　熱力学Ⅰ ……………………………………… p.90
第８講　熱力学Ⅱ ……………………………………… p.100
第９講　原子と原子核Ⅰ ……………………………… p.112
第10講　原子と原子核Ⅱ ……………………………… p.128

第１講　力学Ⅰ

1

次の文を読んで，[　　　]に適した式をそれぞれの解答欄に記入せよ。なお，[[　　　]]はすでに[　　　]で与えられたものと同じものを表す。

長さ l の質量の無視できるゴムひもの両端に，2つの小球AおよびBがついている。小球AおよびBの直径は無視できるほど十分小さく，質量はいずれも m とし，重力加速度を g とする。また，このゴムひもは，引き伸ばされた状態ではフックの法則に基づく復元力が働くが，細くてやわらかいために，たるんだ状態では小球の運動を妨げないものとする。

図１のように，天井のO点に小球Bを固定し，小球Aを静かにつるしたとき，ゴムひもは $\dfrac{l}{12}$ だけ伸びた。このゴムひもが自然長 l から x だけ引き伸ばされたとき，ゴムひもには $\dfrac{12mg}{l}x$ の復元力が働く。

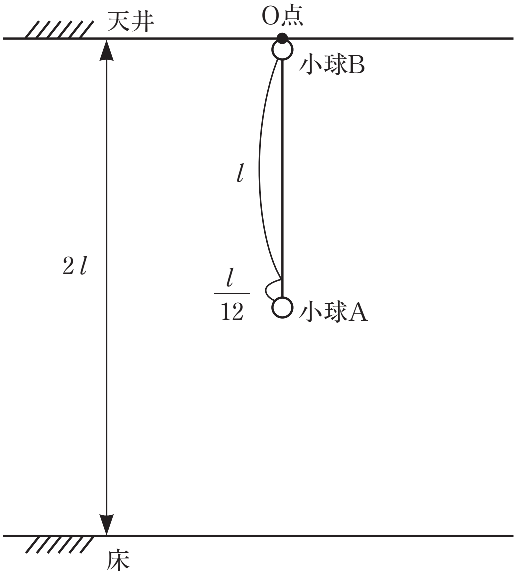


図１

＜ Note ＞

(1)　小球Aを小球Bと同じ位置Oまで持ち上げ，小球Bを固定したまま小球Aのみをそのまま自由落下させた。このとき，落下する小球Aが到達する最下端の位置は，天井から［イ］だけ下方となる。小球Aは［イ］の位置から，ゴムひもの復元力［ロ］によって上昇運動をはじめる。その上昇運動において，小球Aは天井から l の位置を速さ［ハ］で通過するが，その瞬間に，天井のO点で固定していた小球Bを静かに解放した。その後，小球AとBは天井から［ニ］の位置で衝突するが，小球Bを解放してから衝突するまでに要する時間は［ホ］である。この衝突が完全非弾性衝突（反発係数 $e=0$）であり，衝突後は完全にひとつの小球として運動する場合に，衝突してからこの小球が天井から鉛直距離で $2l$ だけ下にある床に落下するまでに要する時間は［ヘ］である。

(2)　次に，(1)と同様の手順でO点から小球Aを自由落下させ，［イ］の位置に小球Aが到達した瞬間に，O点で固定していた小球Bを静かに解放した。この解放した瞬間においては，小球AとBはゴムひもの復元力［ロ］によって，お互いに引き寄せられている。自由落下している仮想的な観測者からこの２つの小球を見ると，どちらの小球にも重力が働かず，ゴムひもの復元力のみにより運動しているように見える。したがって，小球Bを解放した瞬間からゴムひもが自然長 l に戻るまでに要する時間は［ト］であり，その後，小球AとBが衝突するまでにはさらに［チ］だけ時間がかかる。その衝突する位置は天井から［リ］の位置となる。

＜ Note ＞

2

次の文章を読んで，［　　　］には適した式か値を求め，{　　　}からは適切なものを選びその番号を，それぞれの解答欄に記入せよ。また，問１，問２では，指示にしたがって，解答をそれぞれの解答欄に記入せよ。ここで，円周率はπとする。

図１のように質量Mの台車の上に大きさの無視できる質量mの小球が，２本のばねによって取り付けられている。この２本のばねは，ばね定数kと自然長が等しく，質量は無視できる。はじめ，２本のばねは自然長の状態で，小球は台車の中央にある。台車は摩擦なしに水平面上を動くことができ，台車と小球の間の摩擦も常に無視できるものとする。x軸は右方向を正とし，台車も小球もx軸に平行な方向へのみ動き，ばねは常にx軸に平行であるものとする。

(1)　はじめに，台車を動かさないように押さえながら，図２のように小球を台車の中央からlだけ左方へ引っ張ったところで，小球と台車を同時に離した。離した直後の小球の加速度は，２本のばねからx軸の正の方向へそれぞれklの力を受けるので［ア］で与えられ，一方，台車の加速度は，２本のばねからx軸の負の方向にそれぞれklの力を受けるため［イ］で与えられる。

小球が台車の中央を通過するときの小球の速さは［ウ］，台車の速さは［エ］となる。

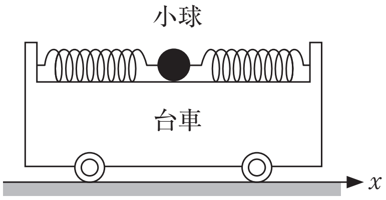


図１

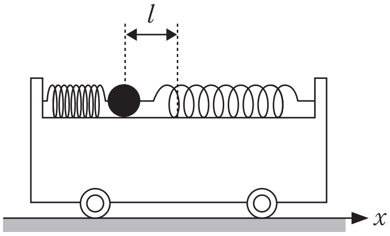


図２

(2)　次に，同じ台車と小球について，図３のように固定壁に台車の左端が接した状態（台車は壁に固定していない）にして，時刻$t=0$のときに小球に壁の方向へ初速v_0を与えた。このとき，小球と台車の中心，および台車と小球を合わせた系の重心は$x=0$の位置にあり，小球は台車の端までは届かないものとする。

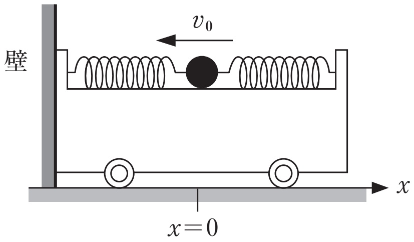


図３

＜ Note ＞

その後の台車と小球の動きを考える。台車は，ばねから壁の方向へ力を受けるため，しばらく壁から離れない。その間の台車，小球の加速度をそれぞれ a_1，a_2 とし，台車が壁から受ける垂直抗力を N，小球の台車中央からの変位を d とすると，それぞれの運動方程式は，

台車：$Ma_1 =$ **オ**

小球：$ma_2 =$ **カ**

となる。台車が壁に接している間の小球の変位 d は，小球に初速を与えてからの経過時間 t，および v_0，k，m を用いて，

$d =$ **キ**

となる。垂直抗力 N が 0 になったときに台車は壁から離れる。台車が壁から離れるまでの経過時間は **ク** となる。

(3)　台車が壁から離れたあとの，台車と小球の動きを考える。

問１　台車が壁から離れたあと台車からみた小球の動きは単振動となることを，導出の過程と共に示せ。また，そのときの角振動数 ω を求めよ。

台車と小球を合わせた系の重心は { **ケ**：①静止　②等速直線運動　③単振動 } しているので，台車が壁から離れてからの経過時間を t_1 とすると，この系の重心の位置は **コ** となる。これらから，x 座標での台車の中心の位置は t_1，v_0，ω，m，M を用いると **サ** となり，台車の速度の最大値は **シ**，最小値は **ス** となる。

問２　以下の図４を解答欄に書き写し，時刻 $t=0$ で小球に初速を与えたあとの，台車と小球を合わせた系の重心の x 座標の位置を破線で，台車の中心の x 座標の位置を実線で，グラフを描け。

また，台車が壁から離れたあと最初に台車の速度が最大値をとる点 A をグラフ中に示し，その x 座標および時刻 t の式を記せ。

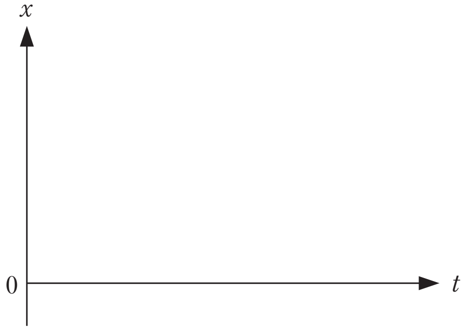


図４

＜ Note ＞

第１講　確認テスト

次の文を読んで，[　　　]に適した式をそれぞれ記せ。

質量が M_1 の台車１と M_2 の台車２がある。台車１は水平な床の上に置かれてなめらかに動き，その水平な上面 AB の上に質量 m の箱がのっている。箱と AB 面の間には摩擦力（静止摩擦係数 μ）がはたらく。箱と台車２は，図１に示されたように，なめらかに回転する滑車 E を通じて一定の長さの糸で連結されている。台車２は，台車１の鉛直な壁面 BC に接してなめらかに動く。滑車と糸の質量は無視してよいものとする。

台車１の鉛直な壁面 AD を押す水平方向の一定な力を F とし，重力加速度を g とする。

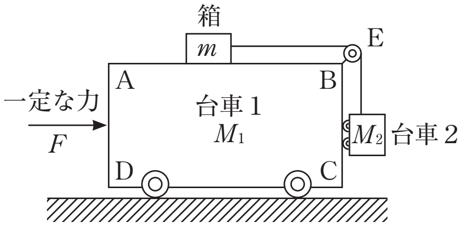


図１

⑴　最初に $F=0$ で，台車１，台車２，箱がともに静止した状態を考える。このとき箱にはたらいている力は，鉛直方向の重力と，AB 面に垂直な方向の抗力[イ]，糸の張力，AB 面に沿った左向きの摩擦力[ロ]である。また，箱がすべりださないための条件式は，[ハ]で与えられる。

⑵　次に，力 F を AD 面にはたらかせて，台車１を一定の加速度で走らせたところ，台車２と箱はともに，台車１に対して静止した状態を保ち続けた。このときの台車１の加速度は[ニ]である。また，箱にはたらいている力は，重力と，張力 $T=$[ホ]，垂直抗力 R，摩擦力 $S=$[ヘ]である。ここで摩擦力 S は，左向きを正とする。一方，台車１と台車２の間には，水平方向の力 $f=$[ト]がはたらいている。

⑶　設問⑵において，台車１の水平方向の加速度 a と，台車１が床からうける垂直方向の抗力 H とを，質量 M_1 および種々の力 F，T，R，S，f を用いて表すと，$a=$[チ]，$H=$[リ]となる。

⑷　設問⑵の運動は，力 F がある値[ヌ]以下の場合に可能であるが，この値をこえる場合には，箱は AB 面上に静止することができず，AB 面上をすべる。

⑸　箱と AB 面上の間に摩擦がない場合でも，適当な大きさの力 $F=$[ル]をはたらかせると，設問⑵と同様の運動（すなわち，台車２と箱がともに台車１に対して静止した状態を保つ運動）が可能である。

＜ Note ＞

テキスト解答

第１講　解答

1

イ　$\frac{3}{2}l$　ロ　$6mg$　ハ　$\sqrt{2gl}$　ニ　$\frac{1}{4}l$　ホ　$\sqrt{\frac{l}{2g}}$　ヘ　$\sqrt{\frac{7l}{2g}}$

ト　$\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{l}{6g}}$　チ　$\sqrt{\frac{l}{6g}}$　リ　$\frac{3}{4}l+\frac{1}{12}\left(\frac{\pi}{4}+1\right)^2 l$

2

ア　$\frac{2kl}{m}$　イ　$-\frac{2kl}{M}$　ウ　$l\sqrt{\frac{2kM}{m(M+m)}}$　エ　$l\sqrt{\frac{2km}{M(M+m)}}$

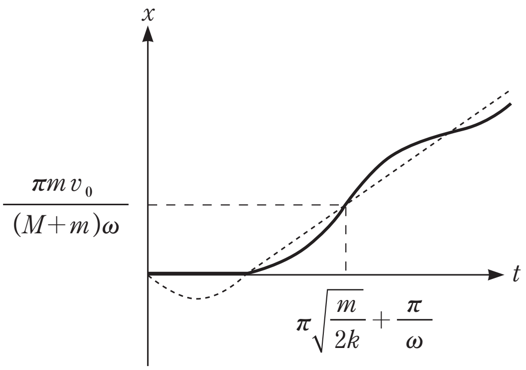
オ　$N+2kd$　カ　$-2kd$　キ　$-v_0\sqrt{\frac{m}{2k}}\sin\sqrt{\frac{2k}{m}}t$　ク　$\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$

ケ　②　コ　$\frac{m}{M+m}v_0t_1$　サ　$\frac{mv_0}{M+m}\left(t_1-\frac{1}{\omega}\sin\omega t_1\right)$

シ　$\frac{2m}{M+m}v_0$　ス　0

問１　略解：運動方程式が，$m(a_2-a_1)=-\frac{2k(M+m)}{M}X$ の形になる。

問２



確認テスト解答

第１講　確認テスト

【解答】

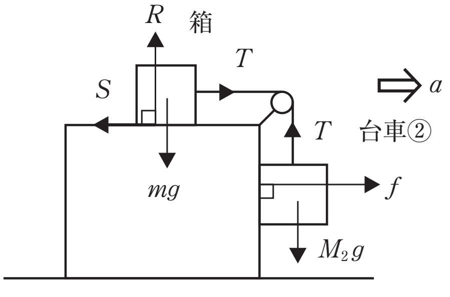
イ　mg　　ロ　M_2g　　ハ　$M_2 \leqq \mu m$　　ニ　$\dfrac{F}{m+M_1+M_2}$　　ホ　M_2g

ヘ　$M_2g-\dfrac{mF}{m+M_1+M_2}$　　ト　$\dfrac{M_2}{m+M_1+M_2}F$　　チ　$\dfrac{F+S-T-f}{M_1}$

リ　M_1g+R+T　　ヌ　$\left(\mu+\dfrac{M_2}{m}\right)(M_1+M_2+m)g$　　ル　$\dfrac{M_2(m+M_1+M_2)g}{m}$

【解説】

(1)　イ　mg　　ロ　M_2g　　ハ　$M_2 \leqq \mu m$



(2)　運動方程式は，

$$\begin{cases} \text{箱}：ma=T-S & \cdots\cdots① \\ \text{台車１}：M_1a=F+S-T-f & \cdots\cdots② \\ \text{台車２}：M_2a=f & \cdots\cdots③ \end{cases}$$

ニ　①＋②＋③より，

$$(m+M_1+M_2)a=F \qquad \therefore \quad a=\frac{F}{m+M_1+M_2} \cdots④$$

ホ　台車２について，鉛直方向の力のつりあい

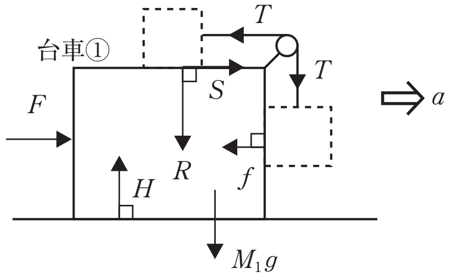
$T=M_2g$　　……⑤

ヘ　④と⑤を①へ

$$S=M_2g-\frac{mF}{m+M_1+M_2} \qquad \cdots\cdots⑥$$

ト　④を②へ

$$f=\frac{M_2}{m+M_1+M_2}F$$



(3)　チ　②より

$$a=\frac{F+S-T-f}{M_1}$$

リ　台車１について，鉛直方向の力のつりあい

$H=M_1g+R+T$

(4)　ヌ　すべらない条件は，$|S| \leqq \mu mg$ であり，$S<0$ に注意すると，

$$\left|M_2g-\frac{m}{m+M_1+M_2}F\right| \leqq \mu mg \qquad \therefore \quad \text{上限は} \quad F \leqq \left(\mu+\frac{M_2}{m}\right)(M_1+M_2+m)g$$

(5)　ル　⑥で $S=0$ として，

$$F=\frac{M_2(m+M_1+M_2)g}{m}$$